


**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
**Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior.**  
**Instituto Nacional da Propriedade Industrial**  
**Diretoria de Patentes**

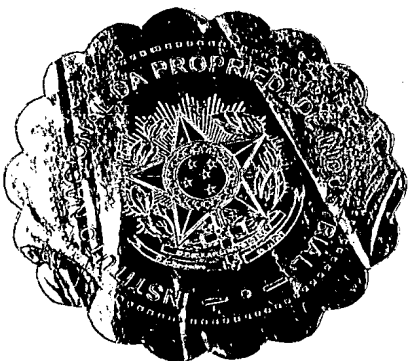
---

**CÓPIA OFICIAL**  
**PARA EFEITO DE REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE**

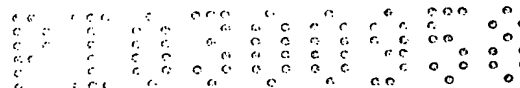
O documento anexo é a cópia fiel de um  
Pedido de Patente de Invenção.  
Regularmente depositado no Instituto  
Nacional da Propriedade Industrial, sob  
Número PI0300958-0 de 15/04/2003.

Rio de Janeiro, 11 de Outubro de 2005.

  
**Oscar Paulo Bueno**  
Chefe do SEPDOC  
Mat: 0449117



15 ABR 1530 003592  
Protocolo  
DEPÓSITOS DE PATENTES



Número (21)

## DEPÓSITO

Pedido de Patente ou de  
Certificado de Adição

Esq



PI0300958-0

depósito / /

data de depósito)

### Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de uma patente na natureza e nas condições abaixo indicadas:

#### 1. Depositante (71):

1.1 Nome: PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS

1.2 Qualificação: INDUSTRIA

1.3 CNPJ/CPF 33.000.167/0819-42

1.4 Endereço completo: Av. República do Chile, 65 Centro Rio de Janeiro RJ BRASIL

1.5 Telefone: 3865-6108

FAX : 3865-6794

☐ continua em folha anexa

#### 2. Natureza:

☒ 2.1 Invenção

☐ 2.1.1 Certificado de Adição

☐ 2.2 Modelo de Utilidade

Escreva, obrigatoriamente e por extenso, a Natureza desejada: INVENÇÃO

#### 3. Título da Invenção, do Modelo de Utilidade ou do Certificado de Adição (54):

MANDRIL PARA VÁLVULA DE BOMBEIO PNEUMÁTICO

☐ continua em folha anexa

#### 4. Pedido de Divisão do pedido nº.

, de / /

#### 5. Prioridade Interna - O depositante reivindica a seguinte prioridade:

Nº de depósito

Data de Depósito / /

(66)

#### 6. Prioridade - O depositante reivindica a(s) seguinte(s) prioridade(s):

País ou organização de origem	Número do depósito	Data do depósito
		/ /
		/ /
		/ /

☐ continua em folha anexa

**7. Inventor (72):**

( ) Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)  
(art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

7.1 Nome: ALCINO RESENDE DE ALMEIDA

7.2 Qualificação: ENGENHEIRO

7.3 Endereço: RUA MARIS DE BARROS, 572, APT. 505 TIJUCA RIO DE JANEIRO RJ  
BRASIL

7.4 CEP:

7.5 Telefone

☐ continua em folha anexa

**8. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:**

☐ em anexo

**9. Declaração de divulgação anterior não prejudicial (Período de graça):**  
(art. 2º da LPI e item 2 do ato Normativo nº 127/97)

☐ em anexo

**10. Procurador (74):**

10.1 Nome e CPF/CGC: ANTÔNIO CLÁUDIO CORREA MEYER SANT'ANNA

098.506.001-87

10.2 Endereço: CIDADE UNIVERSITÁRIA, QUADRA 7, ILHA DO FUNDÃO RIO  
DE JANEIRO RJ

10.3 CEP: 21949-900

10.4 Telefone: 3865-6023


**11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):**  
(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

X	11.1 Guia de recolhimento	1 fls.	X	11.5 Relatório descritivo	21 fls.
X	11.2 Procuração	2 fls.	X	11.6 Reivindicações	2 fls.
	11.3 Documentos de prioridade	0 fls.	X	11.7 Desenhos	5 fls.
	11.4 Doc. de contrato de trabalho	0 fls.	X	11.8 Resumo	1 fls.
	11.9 Outros (especificar):				0 fls.
	11.10 Total de folhas anexadas:				32 fls.

**12. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras**

09/04/2003

Local e Data

  
ANTÔNIO CLÁUDIO CORREA MEYER SANT'ANNA  
Gerente de Propriedade Intelectual  
Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS

## MANDRIL PARA VÁLVULA DE BOMBEIO PNEUMÁTICO

### CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção está relacionada a mandris de bolsa lateral que são normalmente usados para alojar válvulas de controle da vazão de injeção de gás em ponto(s) de injeção existente(s) ao longo da tubulação de produção, em um poço de petróleo equipado para produzir por meio de elevação pneumática (gas lift).

### DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

O petróleo normalmente é encontrado em acumulações sob pressão no subsolo, em rochas permo-porosas conhecidas como rochas reservatórios, ou formações rochosas produtoras, ou, simplesmente, reservatórios.

O petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos leves e pesados, que pode compreender desde gás seco (metano) até óleo pesado. Dependendo das características do reservatório, alguns componentes podem estar presentes em quantidades maiores que a dos outros.

Fluidos hidrocarbonetos, tais como petróleo e gás natural, são obtidos a partir dessas formações geológicas, mediante a perfuração de um poço que penetra na camada que abriga a formação.

Para se drenar tais reservatórios naturais de hidrocarbonetos (por ex., petróleo), um furo de perfuração é tipicamente perfurado no solo, a partir de uma posição na superfície, para colocar o reservatório em comunicação com instalações de processamento montadas na superfície para coletar e tratar os fluidos produzidos.

A recuperação dos hidrocarbonetos a partir de uma formação subterrânea é conhecida na técnica como "produção". Outras substâncias podem ser produzidas em conjunto com o petróleo; tais como água, gás carbônico, gás sulfídrico, sais e areia, só para citar alguns exemplos.

Dependendo das condições de pressão e temperatura, os componentes do petróleo podem estar na fase gasosa ou na fase líquida. Portanto, conclui-se que

usualmente o que escoar no interior de um poço de petróleo pode ser definido como uma mistura multifásica multicomponente.

5 Como mencionado anteriormente, os poços são furos que atravessam as diversas formações rochosas. Normalmente insere-se nestes furos uma tubulação de aço chamada de tubulação de revestimento ("casing"). Por dentro desta tubulação de revestimento é inserido pelo menos uma tubulação de menor diâmetro, através da qual fluem os fluidos do(s) reservatório(s), tubulação esta também chamada de tubulação de produção ou coluna de tubos ("tubing").

10 O escoamento dos fluidos no interior de um poço de petróleo, desde o reservatório até a superfície, pode se dar devido à energia acumulada neste reservatório, isto é, sem a presença de uma fonte externa de energia que promova tal produção.

15 Quando não existe a ação de uma fonte externa de energia para o escoamento do fluido até a superfície, diz-se então que o poço está fluindo naturalmente, ou que o poço é surgente ou está produzindo por surgência.

20 Quando é empregada uma fonte externa de energia, por exemplo, uma bomba no fundo do poço, diz-se então que o poço produz por meio de elevação artificial. Dentre os diversos métodos de elevação artificial destaca-se a elevação pneumática, também conhecida como bombeio pneumático, ou por sua designação em inglês, gas lift.

Numa configuração comum para este método, gás natural sob alta pressão é injetado no espaço anular formado entre a tubulação de revestimento e a tubulação de produção.

25 Em algumas posições ao longo da tubulação de produção são colocados dispositivos de controle de fluxo (por ex., válvulas), conhecidos na técnica como válvulas de elevação pneumática ou de bombeio pneumático ("gas lift valves"), que controlam o fluxo de gás que escoar do espaço anular para o interior da tubulação de produção.

30 Existem basicamente duas modalidades de elevação pneumática; a saber: elevação pneumática contínua e elevação pneumática intermitente.

Na modalidade contínua o gás é injetado continuamente em alguma posição

ao longo da tubulação de produção, no ponto onde se encontra uma válvula de bombeio pneumático. A expansão deste gás pressurizado e a conseqüente redução de densidade aparente da mistura multifásica permitem que o escoamento dos fluidos provenientes do reservatório seja possível em uma determinada vazão.

É usual efetuar-se o controle da injeção de gás nesses poços por meio de uma válvula de estrangulamento do escoamento de gás ("gas choke valve"), localizada na superfície, e de outra válvula, localizada no fundo do poço, em algum ponto da tubulação de produção, a qual é a válvula de bombeio pneumático ("gas lift valve").

Na modalidade intermitente o gás é injetado em alguma posição ao longo da tubulação de produção, no ponto onde se encontra uma válvula de bombeio pneumático e durante um certo intervalo de tempo. Esta injeção é periodicamente repetida, ou seja, existe um ciclo de produção que envolve basicamente dois períodos, a saber:

- um período de repouso/alimentação, no qual o fluido proveniente do reservatório enche a tubulação de produção, seguido de um período de injeção em que o gás pressurizado é injetado através da válvula de bombeio pneumático; e
- um período de final de produção/despressurização, no qual o fluido produzido chega no ponto de coleta e o sistema é depressurizado, após o que se inicia um novo período de alimentação.

A expansão do gás pressurizado impulsiona o líquido acumulado no período de repouso, o qual chega à superfície como uma golfada em alta velocidade.

O controle da injeção de gás nesses poços é normalmente efetuado por meio de um dispositivo controlador temporizador, ou intermitor, associado a uma válvula de controle de fluxo de gás, ambos localizados na superfície, e de uma válvula, localizada no fundo do poço, em algum ponto da tubulação de produção, a qual é a válvula de bombeio pneumático ("gas lift valve").

Embora existam variantes nas duas modalidades de injeção de gás acima descritas, contínua e intermitente, essas variações não alteram

significativamente a descrição que se fez acima desses dois métodos.

5 As válvulas de bombeio pneumático que são utilizadas em cada uma das modalidades de injeção de gás, contínua ou intermitente, podem diferir significativamente, mas, quaisquer que sejam estas válvulas, as mesmas são, em geral, alojadas em componentes da coluna de produção conhecidos na técnica por mandris de bombeio pneumático ("gas lift mandrels").

10 Um tipo bastante comum de mandril de bombeio pneumático é o mandril de bolsa lateral ("side pocket mandrel"). Nesse tipo de mandril a válvula de bombeio pneumático fica alojada numa bolsa lateral, de modo a não reduzir a área da seção reta da região de passagem dos fluidos provenientes do reservatório.

15 Esta área é substancialmente idêntica à área de seção reta da tubulação de produção, o que possibilita haver uma passagem interna plena ao longo do mandril. A válvula de bombeio pneumático é alojada ou sacada do mandril por meio de ferramentas especiais, que são descidas no poço presas a um cabo de aço ou arame ("wireline").

20 Esta peculiaridade construtiva é muito útil, pois permite que as válvulas de bombeio pneumático instaladas no interior de um poço sejam trocadas por meio do uso de uma simples unidade de operação com arame, sem a necessidade de se retirar toda a tubulação de produção.

25 Isto evita perdas econômicas significativas, pois essas operações são bem mais rápidas se comparadas com as operações de retirada da tubulação de produção, as quais requerem o uso de uma unidade de intervenção em poços cujo custo operacional é muito mais elevado do que o de uma unidade de operação com arame.

Um grande inconveniente encontrado nos mandris da técnica atual está relacionado ao fato de as válvulas de bombeio pneumático serem assentadas nesses mandris de uma maneira tal que a injeção do gás ocorre em um sentido contrário ao sentido de escoamento dos fluidos provenientes do reservatório.

30 Desse modo, na modalidade contínua de bombeio pneumático, o jato de gás proveniente da válvula de bombeio pneumático é freado, no momento inicial de

injeção, e, em seguida, acelerado no sentido oposto, até atingir a velocidade do escoamento principal.

Além disso, não há nenhum controle da maneira como o gás é injetado, isto é, se ele é injetado em forma de bolhas (de grandes ou pequenas dimensões), se em forma de um jato único ou em múltiplos jatos, se em forma de um jato concentrado numa parte ou disperso em toda a área de passagem do escoamento, se na forma de um jato centrado ou tangencial, etc.

De modo similar, na modalidade intermitente de bombeio pneumático toda a energia cinética do gás também se perde, o que é uma grande desvantagem, pois esta energia poderia ser usada para acelerar a golfada de gás de modo mais eficiente.

Essa eficiência de injeção poderia, teoricamente, ser aumentada ainda mais, por meio de uma introdução mais orientada do gás, de forma a diminuir o fallback.

Na patente norte-americana US 6.148.843, cuja descrição é aqui incorporada para referência, descreve-se um tipo de válvula de bombeio pneumático a qual é provida de uma válvula de orifício provida de um atuador, o qual possibilita que se varie as dimensões do orifício da válvula de orifício, com o objetivo de se controlar o fluxo de gas de injeção.

A válvula de bombeio pneumático descrita na patente US 6.148.843 tem a particularidade de poder injetar gas na coluna de produção tanto pela sua extremidade inferior, como é conhecido na técnica, quanto pela sua extremidade superior, o que é realmente uma novidade.

Lendo-se a descrição da válvula de bombeio pneumático da patente US 6.148.843 não fica muito claro o motivo de a injeção poder ser feita pelas duas extremidades da válvula de bombeio pneumático, mas entende-se que tal providência foi tomada para compensar o menor espaço disponível para a passagem de gás de injeção, pois a válvula de orifício variável e o atuador ocupam um espaço significativo no corpo da válvula de bombeio pneumático.

Em uso, esta válvula de bombeio pneumático injetaria gás no mesmo sentido que o do escoamento de fluidos provenientes do reservatório, o que



sairia por sua extremidade superior, mas também injetaria gás no sentido oposto ao sentido do fluxo de fluidos provenientes do reservatório contrário, o que sairia por sua extremidade inferior.

5 Assim, a leitura da patente US 6.148.843 não sugere que a intenção dos inventores fosse solucionar o problema de a injeção de gás ocorrer em contracorrente, e, sim, o de prover a válvula de bombeio pneumático com a maior capacidade de injeção de gás possível, que é um dos objetivos da invenção da patente US 6.148.843.

10 Na patente norte-americana US 3.784.325, cuja descrição é aqui incorporada para referência, descreve-se um sistema de bombeio pneumático contínuo em poços de petróleo cujo principal objetivo é o de promover a injeção por meio do conhecido efeito Coanda.

15 Por meio de um dispositivo instalado no interior do poço, o arranjo de fases do escoamento da mistura bifásica (constituída pelos fluidos do reservatório mais o gás de injeção) é modificado, passando de um arranjo de fases tipo golfada ou tipo caótico ("slug flow" or "churn flow"), para um arranjo em névoa ("mist flow").

20 Este tipo de arranjo em névoa apresentaria, por hipótese, certas vantagens relacionadas à redução na perda de energia por atrito do escoamento na tubulação de produção, e também da à vazão necessária para a injeção de gás.

O dispositivo instalado no interior do poço emprega componentes com geometria de um venturi, e a injeção de gás é feita imediatamente antes dos bocais ("nozzles") desses venturis e de forma tangencial à superfície interna desses bocais.

25 Este sistema apresenta como desvantagem o fato de o controle de injeção ser feito através de fendas ("slots") solidárias ao dispositivo instalado e não pelo prático sistema tradicional de mandris de bolsa lateral e válvulas de bombeio pneumático, além de requerer vários dispositivos de injeção ao longo de toda a tubulação.

30 Assim, o controle da vazão de injeção de gás neste sistema é dificultado, e as substituições desses dispositivos só são possíveis por meio do uso de

unidades de intervenção (sondas ou, em inglês, "rigs") para retirada e a recolocação da tubulação de produção, o que aumenta bastante os custos.

Apesar das dificuldades operacionais acima mencionadas, a descrição invenção da patente US 3,784,325 mostra que a injeção do gás, quando seguindo  
5 um padrão adequado, pode trazer melhorias na eficiência do bombeio pneumático.

Uma solução possível para o primeiro problema, que é o da injeção do gás em contracorrente ao escoamento do fluido do reservatório, pode ser encontrada no pedido de patente PI 0100140-0, de titularidade da requerente do presente pedido, e cuja descrição é aqui incorporada para referência.

Basicamente, a inovação mencionada refere-se a uma válvula de bombeio pneumático contínuo, cujo elemento de controle da vazão de gás é um venturi de corpo central (central body venturi). (P)

Uma das concretizações ali descritas permite a injeção do gás no mesmo sentido do escoamento do fluido do reservatório, pois o venturi de corpo central  
15 é posicionado acima do ponto de admissão de gás do mandril, em posição invertida. O gás é por consequência injetado no interior da coluna de tubos pelo topo da válvula de bombeio pneumático, e não pelo bico, como normalmente ocorre.

Tal solução, ainda que excelente para válvulas similares àquelas descritas naquele pedido, apresenta alguns inconvenientes para a sua aplicação em  
20 situações distintas da situação descrita no pedido de patente PI 0100140-0.

Um primeiro inconveniente a se mencionar é que a introdução de passagens para o gás naquela região da válvula pode reduzir a resistência mecânica e causar rupturas no corpo da válvula durante as operações de  
25 assentamento ou de retirada da válvula no mandril, pois no decorrer dessas operações, a válvula sofre consideráveis choques e esforços de compressão ou de tração.

Um segundo inconveniente a se mencionar está relacionado ao fato de ser necessário efetuar mudanças na geometria e na disposição dos elementos  
30 internos das válvulas, mudanças essas que, além de não se adequarem aos padrões de projeto já consagrados na técnica, podem não ser possíveis para certos tipos

A modificação na geometria do mandril está claramente associada à presença do elemento venturi na tubulação de produção, e não a um redirecionamento do gás para otimização do escoamento. Além disso, a referida modificação pode até mesmo não ser necessária se a garganta do elemento venturi interno à tubulação de produção for suficientemente alongada para envolver toda a área de escape do gás, abaixo do bico da válvula.

Desse modo, sentia-se necessidade de uma nova solução para o problema de se lidar com a produção em poços de petróleo com bombeio pneumático (gas lift), contínuo ou intermitente, de modo a se proporcionar uma introdução otimizada do gás no escoamento dos fluidos provenientes do reservatório e minimizar-se a ineficiência energética.

#### OBJETIVOS DA INVENÇÃO

O propósito da presente invenção é o de sanar os efeitos danosos provocados pela injeção de gás no sentido contrário ao do escoamento do fluido do reservatório. Mais particularmente, a presente invenção propõe uma nova geometria na parte inferior do mandril, logo a seguir do ponto onde fica o bico do dispositivo de controle de fluxo (por ex., uma válvula) por onde sai o gás, de tal forma que este gás seja redirecionado para ser incorporado ao fluido do reservatório no mesmo sentido em que este se esco.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção está relacionada a um mandril para válvula de bombeio pneumático o qual compreende um corpo alongado provido de meios de conexão em suas extremidades, o dito corpo provido de uma bolsa lateral e de um receptáculo lateral, no interior do qual pode ser alojada uma válvula de bombeio pneumático, a qual injeta gás no interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático.

O mandril para válvula de bombeio pneumático compreende adicionalmente um corpo inferior, provido na parte inferior do receptáculo para válvula do mandril de bolsa lateral, o qual é conformado de maneira a vedar esta parte

de válvulas.

Um terceiro inconveniente a se mencionar está relacionado ao fato de as empresas operadoras de campos de petróleo disporem geralmente de um considerável estoque de válvulas de bombeio pneumático de projeto convencional, e assim talvez não seja conveniente se trocar uma grande quantidade de válvulas disponíveis por outras de injeção invertida. Deve ser também considerado que o custo desta troca seria muito elevado.

Quanto à solução para o segundo problema, que é o da forma como o gás é injetado, pode-se pensar numa mudança do bico da válvula que permita, por exemplo, a pulverização do gás em uma nuvem de bolhas ou, no outro extremo, permita a injeção na forma de um jato único.

A associação dessa mudança no bico de injeção com aquela da opção descrita no PI 0100140-O, e já citada no parágrafo anterior, levariam aparentemente à solução dos dois problemas (que são; como já descritos, o da injeção em contracorrente, e o de não se poder seguir um certo padrão ótimo). Contudo, essas possibilidades ficam na prática muito limitadas, pois não há como se ter certeza da posição exata da válvula quando instalada no mandril. Mesmo que houvesse essa certeza, a própria configuração geométrica poderia impossibilitar certos arranjos de injeção.

No pedido de patente PI 0004685-O, também de titularidade da requerente do presente pedido e cuja descrição é aqui incorporada para referência, descreve-se uma modificação introduzida em um mandril de bolsa lateral por meio da qual o gás oriundo da válvula de bombeio pneumático é direcionado para a garganta de um elemento venturi concêntrico, excêntrico, ou de corpo central, fixado na parte interna da tubulação de produção e posicionado defronte ao mandril.

O objetivo da inovação mencionada é o de se manter a pressão de descarga da válvula de bombeio pneumático num valor tal que proporcione ocorrer um escoamento crítico através da válvula, o que significa manter vazão de injeção de gás constante. Isto contribui para a estabilização do escoamento no poço de petróleo, objetivo primordial daquele pedido de patente.

inferior do receptáculo para válvula, para formar uma câmara.

O corpo inferior é provido de ao menos um orifício de injeção, para injetar gás para o interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático.

- 5 A válvula de bombeio pneumático pode ser adicionalmente provida de uma abertura longitudinal superior de injeção, cuja saída é localizada na extremidade superior do corpo da dita válvula de bombeio pneumático, através da qual injeta-se um volume adicional gas no interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático, esta injeção ocorrendo no mesmo sentido do fluxo de
- 10 fluidos existente no interior do mandril para válvula de bombeio pneumático.

### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

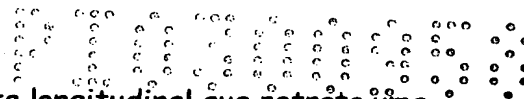
A invenção será doravante descrita com referência aos desenhos que acompanham o presente relatório, nos quais as referências numerais iguais identificam elementos iguais, nos quais:

- 15 A Figura 1 é uma vista ilustrativa esquemática em corte longitudinal parcial que retrata um poço de petróleo equipado para produzir por meio de bombeio pneumático (gas lift).

- 20 A Figura 2 é uma vista ilustrativa em corte longitudinal que retrata um mandril de bombeio pneumático (gas lift mandrel) de bolsa lateral de acordo com o estado da técnica atual, no qual está inserida, apenas a título de exemplo, uma válvula de bombeio pneumático (gas lift valve) do tipo venturi.

- 25 A Figura 3 é uma vista ilustrativa em corte longitudinal que retrata uma primeira concretização de mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral, de acordo com a presente invenção, configurado para o redirecionamento em jato único do gás injetado, com uma válvula de bombeio pneumático do tipo venturi inserida no mandril.

- 30 A Figura 4 é uma vista ilustrativa em corte longitudinal que retrata uma segunda concretização mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral, de acordo com a presente invenção, em que o gás é injetado em múltiplos jatos, com uma válvula de bombeio pneumático do tipo venturi inserida no mandril.



A Figura 5 é uma vista ilustrativa em corte longitudinal que retrata uma situação em que a válvula de bombeio pneumático empregada é provida de meios para injetar gás pelas suas extremidades inferior e superior.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONCRETIZAÇÕES PREFERIDAS

5 Na descrição a seguir são apresentados diversos detalhes para proporcionar uma compreensão da presente invenção. Entretanto, será entendido por aqueles com habilidades na técnica que a presente invenção pode ser praticada não obrigatoriamente sempre dessa forma, e que diversas variações ou modificações a partir das concretizações descritas podem ser possíveis.

10 Antes de se iniciar a descrição da invenção, referência será feita à Figura 1, que é uma instalação típica de bombeio pneumático e bem conhecida na técnica já existente.

A Figura 1 é uma vista ilustrativa esquemática em corte longitudinal parcial, que retrata uma representação esquemática de uma instalação típica de bombeio pneumático, conhecida na técnica. Nesta Figura é retratado um poço de petróleo (10), equipado para produzir por meio de bombeio pneumático contínuo ou intermitente (continuous or intermittent gas lift).

O poço de petróleo (10) é basicamente um furo o qual atravessa diversas formações rochosas e que se estende a partir da superfície até atingir um reservatório (1).

O poço de petróleo (10) é provido de um revestimento em sua parte transversal mais externa, revestimento esse constituído por uma tubulação de revestimento (casing) (2), o qual é também provido de uma tubulação de produção (tubing) (3), que está inserida no interior desta tubulação de revestimento (2).

25 Um obturador (packer) (4) é instalado no interior do poço de petróleo (10), em posição próxima ao reservatório (1), e sua função é a de criar duas câmaras separadas no interior do poço de petróleo (10), uma câmara inferior (5), próxima ao reservatório (1), e outra câmara ou espaço anular (6), formada entre a tubulação de revestimento (2) e a tubulação de produção (3). Essas duas câmaras são vedadas entre si por meio do obturador (4).

Na superfície está instalado um conjunto de equipamentos usados para manter a segurança e a operação do poço, que são denominados de maneira genérica como cabeça do poço (wellhead) (11).

5 Os fluidos produzidos pelo reservatório (1) adentram ao poço de petróleo (10) através de pequenos orifícios (7), previamente perfurados na tubulação de revestimento (2). Os fluidos produzidos são escoados ao longo da tubulação de produção (3), até a cabeça do poço (11), e fluem em seguida em direção a instalações de processamento (8), representadas esquematicamente na Figura 1.

10 Durante o bombeio pneumático contínuo, gás a alta pressão, proveniente de uma fonte externa de gás a alta pressão (9), representada esquematicamente na Figura 1, é admitido continuamente no espaço anular (6).

O gás escoa pelo espaço anular (6) até passar para o interior da tubulação de produção (3) através de uma válvula de bombeio pneumático, inserida em mandril de bombeio pneumático (12) instalado na tubulação de produção (3).

O gás injetado se mistura então aos fluidos provenientes do reservatório (1), e esta mistura é escoada continuamente para a superfície.

20 Pode-se dizer que o bombeio pneumático contínuo é similar à produção por surgência (escoamento natural proporcionado pela energia própria do reservatório), havendo, contudo, uma suplementação de gás que é injetado a partir de uma certa profundidade, para que seja possível a manutenção da produção com uma vazão desejada, ou mesmo para que se proporcione uma vazão maior em relação àquela obtida com a produção natural (surgência).

25 No bombeio pneumático intermitente, após um período em repouso, durante o qual o reservatório alimenta a tubulação de produção (3) com um certo volume de fluidos, gás a alta pressão, proveniente da fonte externa de gás a alta pressão (9) é admitido no espaço anular (6).

30 Em seguida, o gás escoa pelo espaço anular (6), até passar para o interior da tubulação de produção (3), através de uma válvula de bombeio pneumático inserida no mandril de bombeio pneumático (12) instalado na tubulação de produção (3).

O gás a alta pressão impulsiona, sob a forma de uma golfada, o líquido proveniente do reservatório (1) e que se encontra previamente acumulado na tubulação de produção (3). A injeção de gás é feita durante determinado período, de modo que a golfada de líquido se escoie até a superfície.

- 5 Uma vez interrompida a injeção de gás, o sistema se despressuriza, e se inicia em seguida um novo período de repouso para enchimento da tubulação de produção (3) com fluidos provenientes do reservatório (1).

O processo acima descrito é repetido ciclicamente.

- 10 Outro procedimento conhecido na técnica para operação de bombeio pneumático intermitente é o de se manter o espaço anular (6) em comunicação permanente com a fonte externa de gás a alta pressão (9), em vez de se manter uma comunicação periódica do espaço anular (6) com a fonte externa de gás a alta pressão (9), como anteriormente descrito.

- 15 A referida válvula se abre periodicamente, por meio do uso de um tipo conveniente de válvula de bombeio pneumático, e com isso permite a injeção de gás para o interior da tubulação de produção (3).

Excetuando-se esse detalhe apresentado, o restante do processo se mantém basicamente inalterado em relação ao descrito anteriormente.

- 20 Embora na Figura 1 tenha sido representado apenas um único mandril (12) para a instalação de uma válvula de bombeio pneumático, poços de petróleo que produzem por meio desse método são normalmente providos de vários mandris espaçados ao longo da tubulação de produção, e esses mandris são equipados com válvulas de bombeio pneumático que podem ser de tipos diferentes entre si.

- 25 Em configurações mais usuais, entretanto, a injeção de gás se processa através de apenas uma válvula de bombeio pneumático, a qual é conhecida como válvula de bombeio pneumático operadora (operating gas lift valve).

As demais válvulas de bombeio pneumático são usadas para auxiliar a entrada ou a reentrada em produção de um poço de petróleo, e são chamadas de válvulas de partida (kick-off gas lift valves).

- 30 Os poços de petróleo equipados para produção com bombeio pneumático podem apresentar variações de configuração em relação à configuração que é



apresentada na Figura 1, porém essas variações são apenas detalhes que buscam solucionar necessidades específicas, sem que as características básicas acima descritas sofram modificações significativas.

Estes poços podem estar localizados em terra (onshore) ou no mar (offshore). Os poços no mar podem ser providos com equipamentos de cabeça de poço localizados em área seca, por exemplo, em uma plataforma de produção, poços esses conhecidos como poços de completação seca (dry tree wells). Alternativamente, esses equipamentos de cabeça de poço podem ser localizados em área molhada, ou seja, no leito do mar, poços esses conhecidos como poços submarinos (subsea wells) ou poços de completação molhada (wet wells).

Além disso, em qualquer das situações acima mencionadas, pode ser empregada uma única tubulação de produção (3), como retratado na Figura 1, ou, de forma alternativa, pode ser empregada mais de uma tubulação de produção (completação dupla, tripla, etc).

Qualquer que seja o tipo de instalação montada em um poço de petróleo, este poderá ser equipado com o mandril objeto da presente invenção, pois a instalação existente em nada afetará o desempenho do referido mandril.

Assim, o esquema representado na Figura 1 é suficiente para que aqueles versados na técnica possam compreender como opera o mandril objeto da presente invenção, e ficará evidente que o referido mandril pode ser empregado em uma tubulação de produção qualquer, como será explanado mais adiante.

Basicamente existem dois tipos de mandris de bombeio pneumático, a saber, o convencional e o de bolsa lateral.

Na presente descrição o mandril objeto da presente invenção será descrito como um mandril de bolsa lateral que é, o mais utilizado na atualidade. Entretanto, não há impedimento para que os preceitos da presente invenção sejam também aplicados em mandris convencionais.

A Figura 2 retrata uma vista ilustrativa esquemática em corte longitudinal de um mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral (15). Este mandril compreende um corpo alongado provido de uma bolsa lateral (17), e de um receptáculo para válvula (16), no interior do qual está alojada uma válvula de

(P)

bombeio pneumático (13). O mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral (15) é provido de roscas nas duas extremidades, de modo a permitir a sua conexão à tubulação de produção (3).

5 O mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral (15) é projetado de forma tal que a válvula de bombeio pneumático (13) possa ser substituída, quando necessário, sem a necessidade de se retirar a tubulação de produção (3).

10 Esta substituição poderá ser realizada por meio de uma operação na qual ferramentas especiais são descidas no interior da tubulação de produção, as ditas ferramentas especiais presa a um cabo de aço fino ou a um arame (wireline). Este tipo de operação é bem conhecido por aqueles com habilidades na técnica.

15 A válvula de bombeio pneumático (13) representada na Figura 2 é do tipo venturi, mas ela poderá ser de qualquer outro tipo conhecido pelos versados na técnica, tais como válvula de orifício (orifice or choke valve), válvula de fole (bellows valve), válvula de domo carregado de nitrogênio (nitrogen-charged dome valve), válvula piloto (pilot valve), válvula diferencial (differential valve), apenas para citar alguns exemplos, que por serem de amplo conhecimento, não serão aqui descritas.

20 A válvula de bombeio pneumático (13) é introduzida no receptáculo para válvula (16) da bolsa lateral (17), onde ela é mantida sob pressão, devido à compressão efetuada por gaxetas (19A) e (19B), que por sua vez proporcionam também as vedações necessárias entre o corpo (14) da válvula de bombeio pneumático (13) e o receptáculo para válvula (16).

25 O gás a alta pressão proveniente do espaço anular (6) entre a tubulação de produção (3) e a tubulação de revestimento (2) adentra no pequeno espaço anular (21) formado entre o receptáculo para válvula (16), a válvula (13) e a bolsa lateral (17), através de aberturas (20) existentes na bolsa lateral (17) do mandril (15). Este pequeno espaço anular é mantido vedado pelas gaxetas (19A) e (19B).

30 Em seguida, o gás a alta pressão entra na válvula (13), através de orifícios (27), e sai por orifícios (22) localizados na extremidade inferior do bico (18), e

se mistura então com os fluidos provenientes do reservatório (1), como se verá a seguir.

5 No procedimento de bombeio pneumático contínuo os fluidos provenientes do reservatório escoam em um fluxo ascendente pela parte da tubulação de produção (3) localizada abaixo do mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral (15), no sentido indicado pela seta F-F, e passam em seguida pelo interior do mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral (15).

10 Quando da passagem pela região onde estão localizados os orifícios (22) do bico (18) da válvula de bombeio pneumático (13), estes fluidos recebem uma injeção de gás proveniente desses orifícios (22), o que faz com que o gás se misture com esses fluidos, e esta mistura segue então pela parte da tubulação de produção (3) acima do mandril até a superfície.

15 No procedimento de bombeio pneumático intermitente, durante o período de repouso, os fluidos provenientes do reservatório escoam em um fluxo ascendente pela parte da tubulação de produção (3) localizada abaixo do mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral (15), no sentido indicado pela seta F-F, e passam então pelo interior do mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral (15).

20 O escoamento é bem mais lento do que aquele que ocorre na modalidade contínua de bombeio pneumático, e uma quantidade de líquido (óleo com gás em solução acrescido ou não de água) vai se acumulando acima do mandril de bombeio pneumático (15), ao mesmo tempo que o gás livre borbulha através do líquido e é então coletado na superfície.

25 Uma vez terminada a fase de repouso, cujo período é calculado em função da produtividade do reservatório de petróleo e da pressão máxima do gás de injeção, se inicia uma fase de injeção de gás através da válvula de bombeio pneumático (13), que normalmente é de tipo diferente daquele retratado na Figura 2.

30 Após passar através dos orifícios (22) do bico (18) da válvula de bombeio pneumático (13), esse gás se expande, e faz com que a coluna de líquido previamente acumulada acima desses orifícios (22) se eleve como uma golfada,

que segue então pela parte da tubulação de produção (3) acima do mandril até a superfície.

5      Esse processo de deslocamento da golfada não é perfeito, e parte do líquido integrante da golfada não chega até a superfície, e se deposita no fundo da tubulação de produção (3), o que cria um volume morto que reduz a eficiência do processo.

10      Esse volume morto, ocasionado pelo escorregamento entre as fases gasosa e líquida durante o deslocamento da golfada, é conhecido pelo termo em inglês "fall-back", e é função de vários fatores. O inventor da presente invenção acredita que, dentre esses fatores, um dos que mais influencia este escorregamento de fases é a forma pela qual o gás é injetado abaixo da golfada de líquido.

O que foi até o momento descrito é de amplo conhecimento daqueles com habilidades na técnica.

15      A presente invenção se refere a uma nova configuração de mandril de bolsa lateral para válvula de bombeio pneumático que soluciona o problema da injeção de gás ocorrer no sentido oposto ao sentido de produção dos fluidos do reservatório, e de maneira caótica, isto é, sem nenhuma orientação que tenha por objetivo a melhoria na eficiência do bombeio pneumático.

20      A Figura 3 retrata de forma ilustrativa uma primeira concretização da modificação proposta no mandril de válvula de bombeio pneumático, objeto da presente invenção.

25      Nesta concretização, o receptáculo para válvula (16) do mandril de bolsa lateral (15) é provido em sua parte inferior de um corpo inferior (23), o qual é adequadamente conformado de maneira a fechar esta parte inferior do receptáculo para válvula (16), que normalmente seria aberta.

Com isso cria-se aí uma câmara (24) para o interior da qual o gás proveniente dos orifícios (22) do bico (18) da válvula de bombeio pneumático (13) é descarregado.

30      Um orifício de injeção (25) interliga a câmara (24) à região do mandril onde ocorre o escoamento de fluidos, indicada na Figura 3 pelo numeral (26). Um

jato único de gás sai por este orifício de injeção (25) em direção à porção central da região de escoamento (26), conforme indicado pela seta retratada na Figura 3 à saída do orifício de injeção (25).

5 Com isso, ocorre a partir do ponto em que o jato único de gás emerge da abertura (25) uma efetiva mistura do gás injetado com os fluidos provenientes do reservatório.

O referido orifício de injeção (25) deve ser provida de uma forma geométrica e de acabamento superficial adequados para evitar perdas localizada de energia, que reduziriam a pressão do jato de gás.

10 A injeção do gás pode ser direcionada para um ponto no interior da região de escoamento (26) ou, alternativamente, pode ocorrer de forma tangencial à superfície interna da região de escoamento (26), para que ocorram benefícios de efeitos secundários, tal como o efeito Coanda, descrito anteriormente.

15 A Figura 4 apresenta uma concretização alternativa do mandril de válvula de bombeio pneumático objeto da presente invenção.

A diferença entre esta concretização e a apresentada na Figura 3 está no fato de serem providas uma pluralidade de orifícios de injeção (28) para interligar a câmara (24) à região de escoamento (26).

20 Com isso, ocorre uma divisão no fluxo de gás que escoar da câmara (24) para a região de escoamento (26), e o gás que sai desses orifícios de injeção (28) se mistura então com os fluidos provenientes do reservatório.

Da mesma forma como na concretização anterior, as aberturas devem ser providas de formas geométricas e acabamentos superficiais adequados para evitar perdas localizada de energia, que reduziriam a pressão do jato de gás.

25 Os orifícios de injeção (28) podem ser providas em grande ou pequena quantidade, podem ter formas diferentes, podem ser todas elas direcionadas para o mesmo ponto, ou parte delas podem estar direcionadas para pontos diferentes no interior da região de escoamento (26).

30 Os orifícios de injeção (28), em sua totalidade ou apenas parte deles, podem ser direcionadas para que haja injeção tangencial à superfície interna da tubulação de produção, para que ocorram benefícios de efeitos secundários, tal

como o efeito Coanda, descrito anteriormente.

A presente invenção proporciona a possibilidade de se fabricar o mandril objeto da presente invenção como um equipamento inteiramente novo, ou, alternativamente, pode-se adaptar mandris existentes para receberem o corpo inferior (23) e seus respectivos orifícios de injeção (25 ou 28), conforme desejado.

Alternativamente, pode-se conceber uma solução na qual o corpo inferior (23) de redirecionamento do gás seja inserido no mandril através de uma operação por arame (wireline), de maneira similar àquele da própria válvula de bombeio pneumático, mas isso provavelmente apresentaria limitações quanto às possibilidades de arranjos de injeção, devido à dificuldade do posicionamento correto das aberturas.

Esta solução de inserção do corpo inferior (23) por meio de operação com arame seria similar àquilo que ocorreria se fosse feita uma adaptação diretamente no bico da válvula, o que já foi comentado anteriormente na descrição da técnica relacionada.

A vantagem apresentada aqui pela presente invenção seria a de não ser necessário se alterar as válvulas de bombeio pneumático existentes para serem empregadas da maneira aqui descrita, pois tais alterações poderiam dificultar ou até mesmo impossibilitar a operação de assentamento ou retirada da válvula por arame com os mandris atualmente usados.

Outra possibilidade a ser considerada, como retratado na Figura 5, é a de se efetuar algumas alterações na válvula de bombeio pneumático (13), de forma que esta passe também a ter uma abertura longitudinal superior de injeção (29), localizada na extremidade superior do corpo (14) da válvula de bombeio pneumático (13), através da qual poderia ser injetado um volume adicional de gás no interior da coluna de produção. Esta injeção também ocorreria no sentido do fluxo de fluidos provenientes do reservatório.

Deve ser aqui mencionado que, para a concretização retratada na Figura 5, pode-se empregar qualquer tipo de válvula de bombeio pneumático que seja capaz de prover a injeção de gás por suas duas extremidades, não estando esta

concretização limitada ao modelo de válvula retratado na Figura 5.

Os profissionais versados na técnica imediatamente perceberão que inúmeras outras variações de geometria são também possíveis para o mandril alvo da presente invenção.

- 5 Embora a invenção tenha sido aqui descrita com relação às suas concretizações preferidas, a descrição acima não pode ser tomada como limitante da presente invenção, a qual está apenas limitada ao escopo das reivindicações que seguem.

22

## RELAÇÃO DE COMPONENTES

- 5 (1) reservatório  
(2) tubulação de revestimento  
(3) tubulação de produção  
(4) obturador  
(5) câmara inferior  
(6) espaço anular  
(7) orifícios  
(8) instalações de processamento  
10 (9) fonte externa de gás a alta pressão  
(10) poço de petróleo  
(11) cabeça do poço  
(12) mandril  
(13) válvula de bombeio pneumático  
15 (14) corpo (da válvula de bombeio pneumático)  
(15) mandril de bombeio pneumático de bolsa lateral  
(16) receptáculo para válvula  
(17) bolsa lateral  
(18) bico  
20 (19A) gaxetas  
(19B) gaxetas  
(20) aberturas  
(21) pequeno espaço anular  
(22) orifícios  
25 (23) corpo inferior  
(24) câmara  
(25) orifício de injeção  
(26) região de escoamento  
(27) aberturas  
30 (28) orifícios de injeção  
(29) abertura de injeção





## REIVINDICAÇÕES

1. Mandril para válvula de bombeio pneumático (15), o qual compreende um corpo alongado provido de meios de conexão em suas extremidades, o dito corpo provido de uma bolsa lateral (17), e de um receptáculo lateral (16), no interior do qual pode ser alojada uma válvula de bombeio pneumático (13), a qual injeta gás no interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15) por meio de orifícios (22) localizados em um bico (18), o mandril para válvula de bombeio pneumático (15) **CARACTERIZADO POR** adicionalmente compreender:

10 - um corpo inferior (23), provido na parte inferior do receptáculo para válvula (16) do mandril de bolsa lateral (15), em que o dito corpo inferior (23) é conformado de maneira a vedar esta parte inferior do receptáculo para válvula (16), para formar uma câmara (24);

15 - em que o corpo inferior (23) é provido de ao menos um orifício de injeção, para injetar gás para o interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15).

2. Mandril, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO POR:**

- o dito ao menos um orifício de injeção compreender um único orifício de injeção (25).

20 3. Mandril, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO POR:**

- o dito ao menos um orifício de injeção compreender um único orifício de injeção (25), o qual direciona o fluxo de gás proveniente da câmara (24) para ocorrer de forma tangencial à superfície interna do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15).

25 4. Mandril, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO POR:**

- dito ao menos um orifício de injeção compreender uma pluralidade de orifícios de injeção (28).

5. Mandril, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO POR:**

- o dito ao menos um orifício de injeção compreender uma pluralidade de orifícios de injeção (28), os quais direcionam o fluxo de gás proveniente da câmara (24) para ocorrer de forma tangencial à superfície interna do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15).

6. Mandril, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO POR:**

- o dito ao menos um orifício de injeção compreender uma pluralidade de orifícios de injeção (28), parte dos quais direcionam o fluxo de gás proveniente da câmara (24) para ocorrer de forma tangencial à superfície interna do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15), e os orifícios de injeção restantes direcionam o fluxo de gás proveniente da câmara (24) para ocorrer de forma tangencial à superfície interna do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15).

7. Mandril, de acordo com uma dentre as reivindicações de 4 a 6, .

15 **CARACTERIZADO POR:**

- os orifícios de injeção da dita pluralidade de aberturas (28) poderem ter formas geométricas distintas.

8. Mandril, de acordo com uma dentre as reivindicações de 1 a 7,

**CARACTERIZADO POR:**

- 20 - a válvula de bombeio pneumático (13) ser adicionalmente provida de uma abertura longitudinal superior de injeção (29), localizada na extremidade superior do corpo (14) da válvula de bombeio pneumático (13), através da qual injeta-se gás no interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15).





FIG. 3

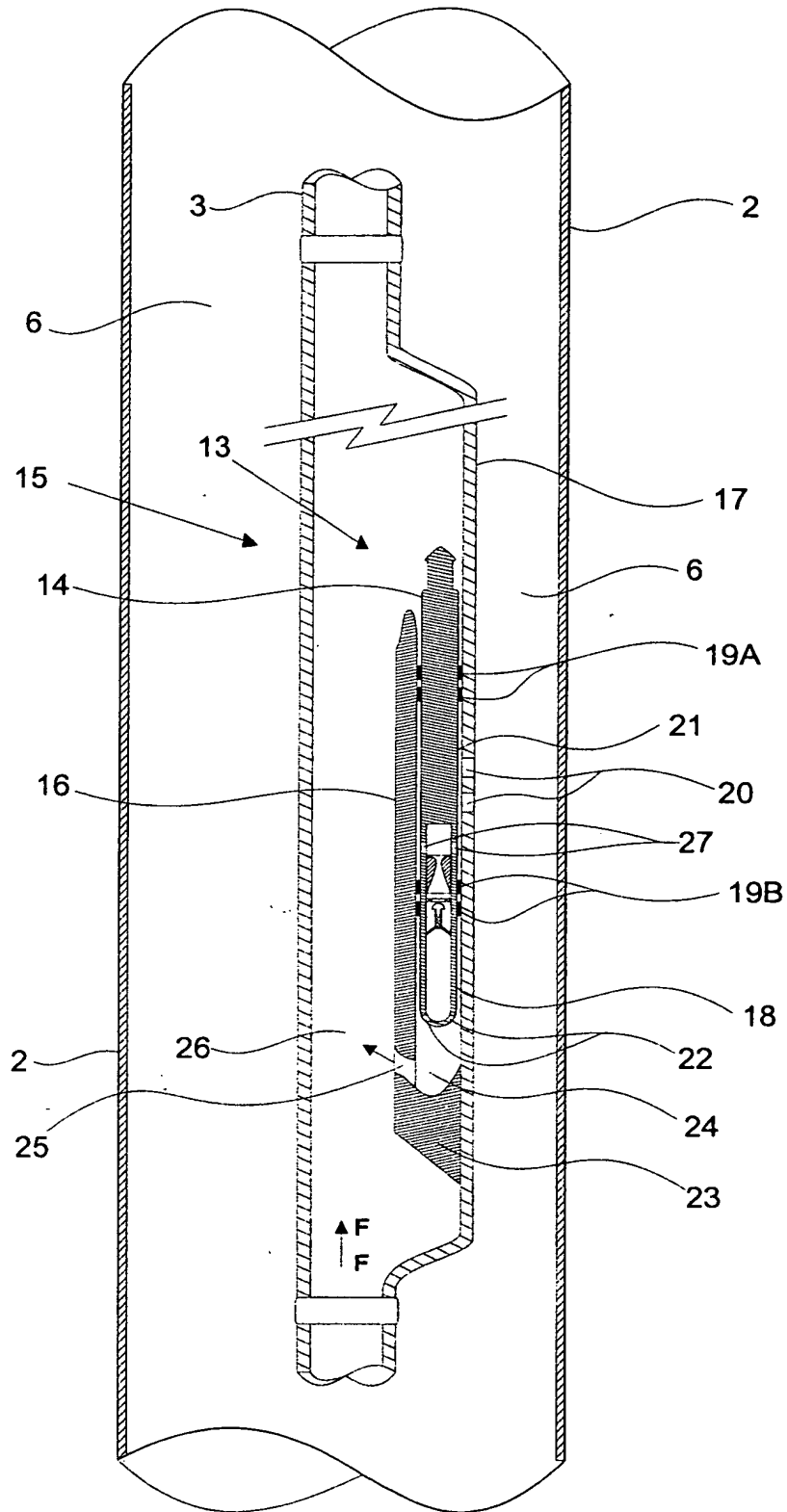


Fig. 3

FIG. 4

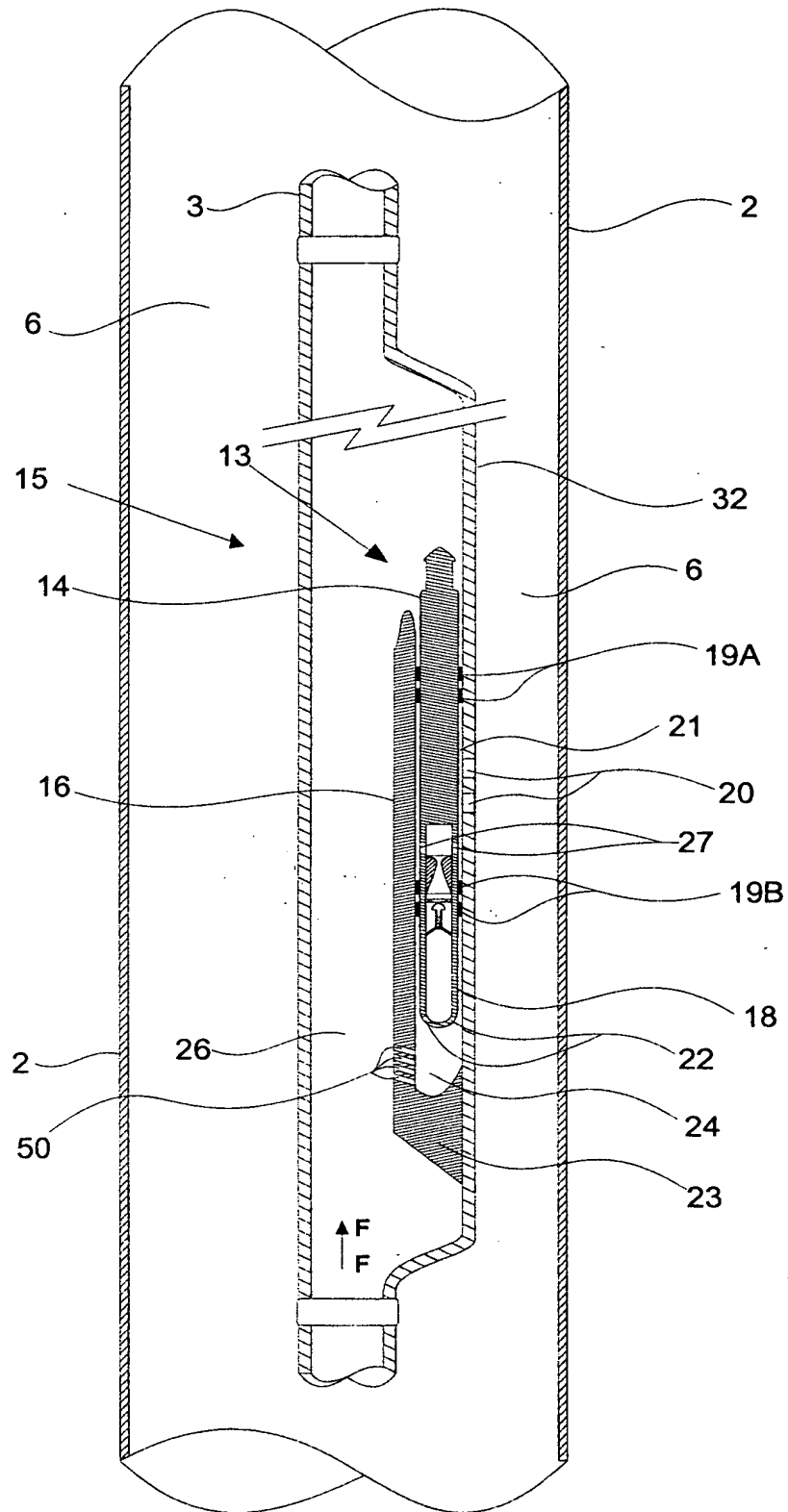


Fig. 4

FIG. 5

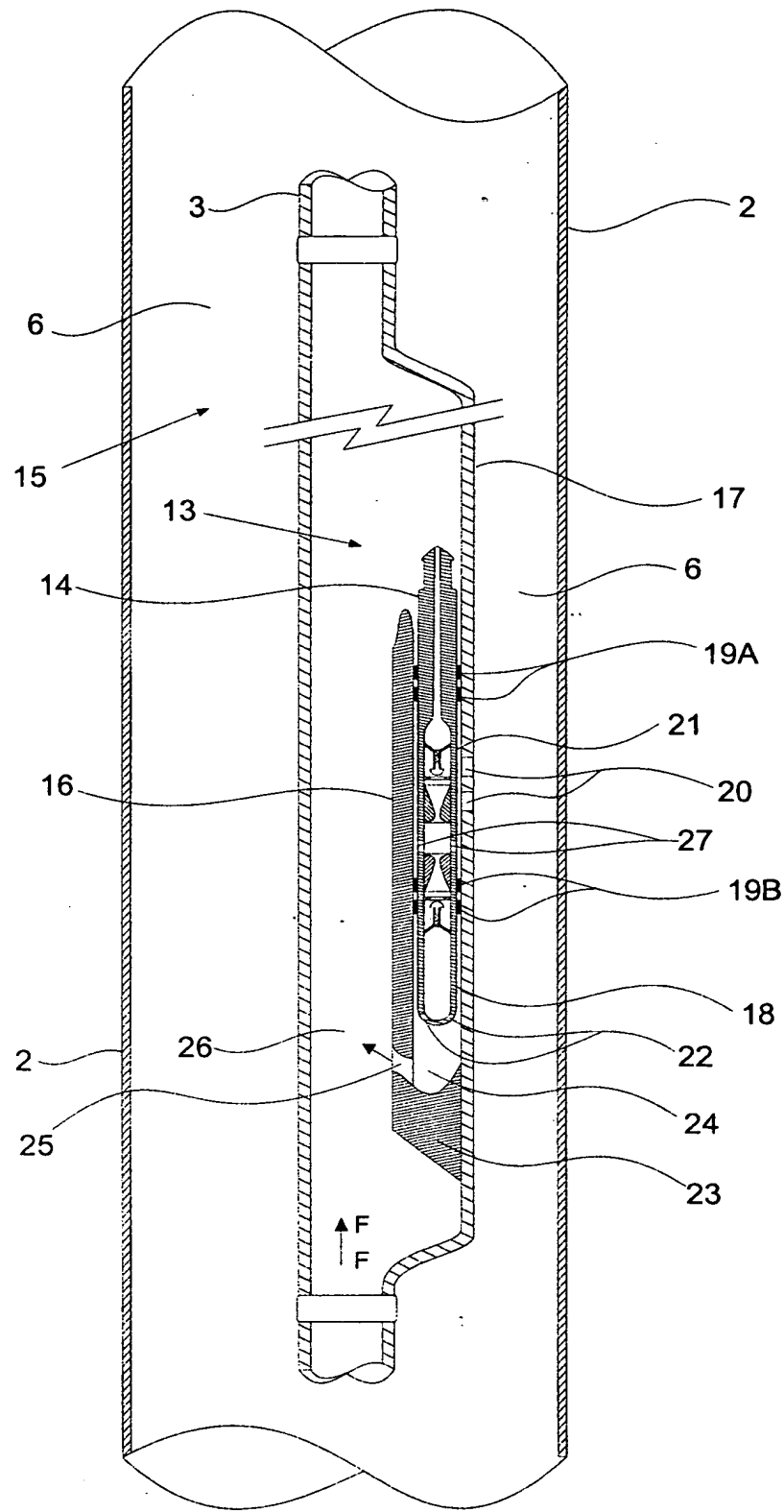


Fig. 5

RESUMO

**MANDRIL PARA VÁLVULA DE BOMBEIO PNEUMÁTICO**

a presente invenção está relacionada a um mandril para válvula de bombeio pneumático (15), o qual compreende um corpo alongado provido de meios de conexão em suas extremidades, o dito corpo provido de uma bolsa lateral (17), e de um receptáculo lateral (16), no interior do qual pode ser alojada uma válvula de bombeio pneumático (13), a qual injeta gás no interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15) por meio de orifícios (22) localizados em um bico (18). O mandril para válvula de bombeio pneumático (15) compreende adicionalmente um corpo inferior (23), provido na parte inferior do receptáculo para válvula (16) do mandril de bolsa lateral (15), em que o dito corpo inferior (23) é conformado de maneira a vedar esta parte inferior do receptáculo para válvula (16), para formar uma câmara (24). O corpo inferior (23) é provido de ao menos um orifício de injeção, para injetar gás para o interior do corpo do mandril para válvula de bombeio pneumático (15).